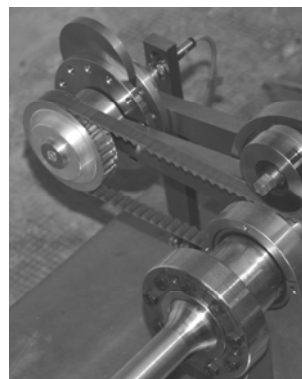


## Erweiterte Prüfstandskapazitäten im IMW

Korte, T.; Lau, P.; Schäfer, G.; Schwarzer, T.

*Die Ausstattung des Institutes für Maschinenwesen ist in diesem Jahr erneut erweitert worden. Es sind vier neue Prüfstände zur Untersuchung dynamischer Lasten in Betrieb genommen worden.*

*The Institute of Mechanical Engineering has already several different test rigs at its disposal which allow the analysis of components under dynamical loads. Within this year this stock grew by four new test rigs.*

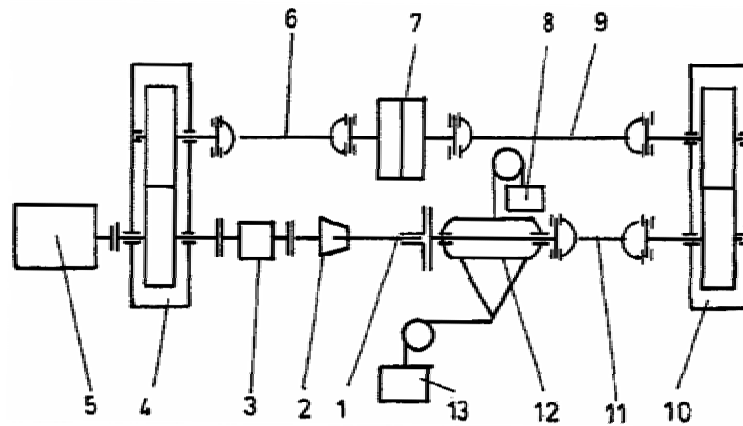


### 1 Verspannprüfstand mit Umlaufbiegeeinrichtung

Neben den bewährten Verspannprüfständen des IMW wurde ein weiterer Prüfstand nach dem Verspannprinzip in Betrieb genommen, der bei statischer Torsionsbelastung die Aufbringung einer konstanten Umlaufbiegebelastung ermöglicht. Dieser Prüfstand wurde von der Technischen Hochschule Darmstadt aus der ehemaligen Professur Raab übernommen.

#### 1.1 Prinzip

Grundsätzlich besteht der Prüfstand aus einem mit zwei Stirnradgetriebenen geschlossenen mechanischen Verspannstrang zur Aufbringung der statischen Torsion (**Bild 1**). Der Nutzen dieses im IMW in verschiedenen Prüfständen realisierten Konzeptes besteht darin, dass der Antriebsmotor nur noch die Leistung aufbringen muss, die als Verlustleistung zum Erreichen und Aufrechterhalten der Rotation notwendig ist. Dadurch kann die Leistungsaufnahme gegenüber der Leistung im Prüfstrang auf einen Bruchteil gesenkt werden.

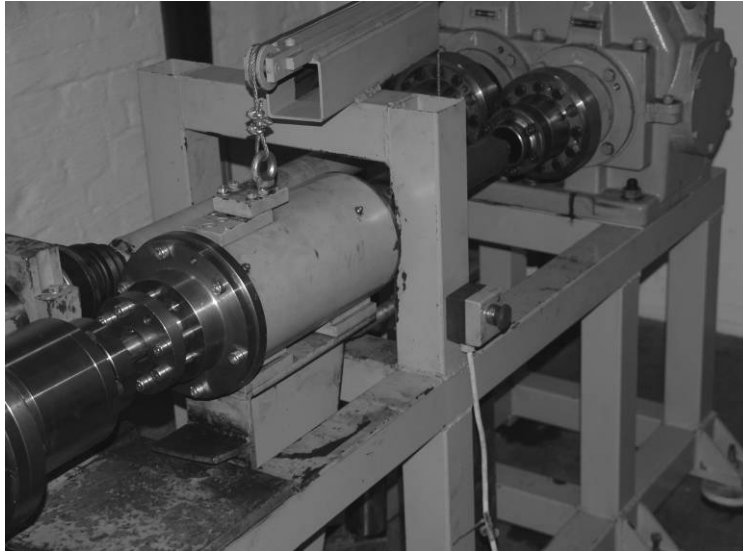


- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1 Prüfteil                                  | 2 Spanneinrichtung (Festlager)      |
| 3 Torsions- und Drehzahlmesswelle           | 4 Stirnradgetriebe                  |
| 5 Antriebsmotor                             | 6 Gelenkwelle                       |
| 7 Verspanneinrichtung                       | 8 Ausgleichsgewicht                 |
| 9 Gelenkwelle                               | 10 Stirnradgetriebe                 |
| 11 Gelenkwelle                              | 12 Biegemomenteinleitung (Loslager) |
| 13 Gewicht zur Erzeugung der Biegebelastung |                                     |

**Bild 1:** Prinzip des Verspannprüfstandes mit Biegeeinrichtung /1/

Die Biegebelastung in der Prüfverbindung wird, ähnlich der Aufbringung in Biegeprüfmaschinen, querkraftfrei aufgebracht. Dabei hängt das Loslager (12) gewichtskompensiert durch ein Gegengewicht (8) im Prüfstrang. Das Prüfteil wird zwischen Festlager (2) und Loslager eingespannt. Das Loslager kann um seinen Schwerpunkt durch einen Hebel mit Umlenkmechanismus verkippt werden, was in dem Prüfteil eine konstante Biegebelastung erzeugt. Die Gelenkwelle (11) kompensiert dabei die Verkipfung und die axiale Bewegung des Loslagers. Das eingeleitete Biegemoment kann über Hebelgesetze oder über eine Referenzmessung mit Dehnungsmessstreifen berechnet werden. Das statische Drehmoment und die Drehzahl des Prüfstrangs werden kontinuierlich durch eine Drehmomentmesswelle (3) ermittelt.

**Bild 2** zeigt die Biegemomenteinleitung bei eingebautem Prüfteil. Zu sehen ist die aufgehängte Loslagerung zur Einbringung der Biegebelastung. Daran unten angebracht ist der Hebel zum Verkippen der Lagerung.



**Bild 2:** Loslagerung zur Einbringung der konstanten Biegebelastung

## 1.2 Leistung

Der Prüfstand verfügt zurzeit über folgende Leistungsmerkmale:

- statisches Drehmoment im Prüfstrang: 500 Nm
- maximales umlaufendes Biegemoment: 1.500 Nm
- maximale Drehzahl des Prüfstranges: 1.200 1/min
- Prüffrequenz für umlaufende Biegebelastung: 20 Hz

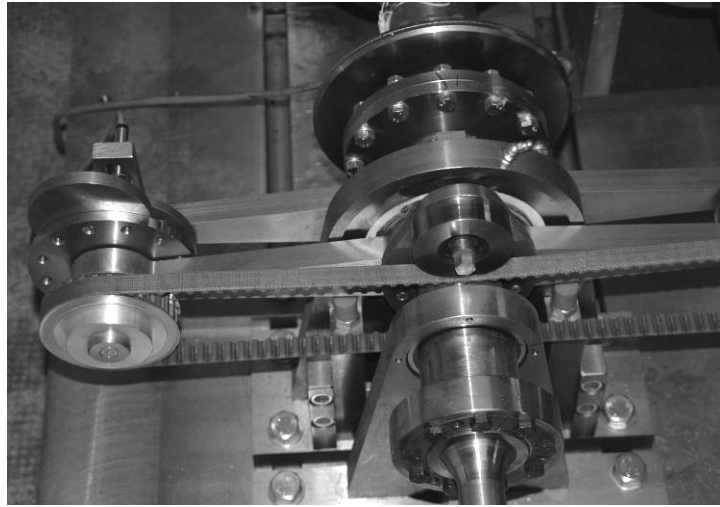
## 2 Torsionsschwingprüfstand

In der Institutsmitteilung Nr. 31 wurde ein neues Prüfstandskonzept zur Aufbringung von dynamischer Torsionsbelastung vorgestellt. Der Prüfstand wurde erweitert und aufgrund seiner Vorteile ein zweites Mal realisiert.

### 2.1 Prinzip

Der Antriebstrang mit Wellen, Membrankupplungen und Spannvorrichtungen ist am einen Ende über den Prüfling mit einem Lagerbock

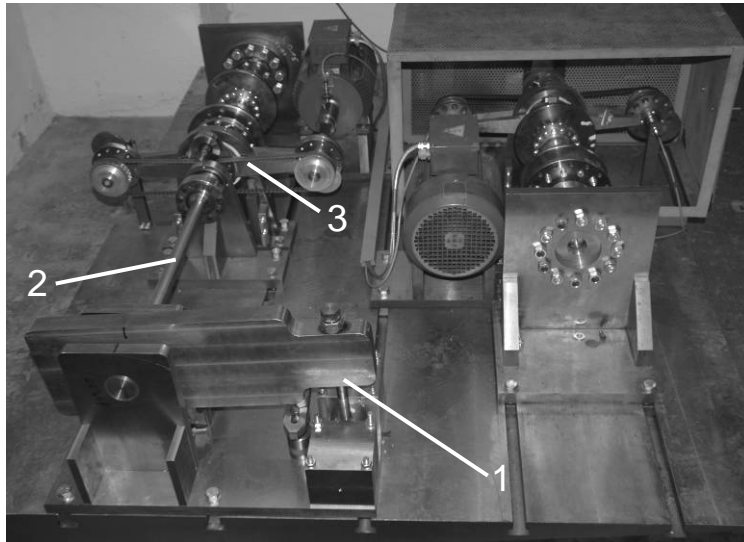
verbunden ist. Das andere Ende ist in einem Hebel über eine Torsionsfeder gelagert. Zwischen den Lagerstellen sind an der Welle zwei Hebelarme angebracht, an deren Enden sich zwei gleichsinnig rotierende Unwuchtmassen befinden. Die Unwuchtmassen werden dabei von einem Elektromotor durch eine biegsame Welle angetrieben. Ihr synchroner Lauf wird durch einen Zahnriemenantrieb erreicht. **Bild 3** zeigt eine Detailansicht des Torsionsantriebs.



**Bild 3:** Detail Torsionsantrieb mit Unwuchtmasse

Die Rotation der Unwuchten erzeugt im Antriebsstrang eine wechselnde, querkraftfreie Torsion. Um verschiedene Mittelspannungsverhältnisse realisieren zu können, wird der Antriebsstrang über den Hebel mittels einer Spindel statisch vorgespannt. Im Prüfbetrieb wird diese statische Vorspannung überlagert von der dynamischen Torsion, hervorgerufen durch die rotierenden Massen. Die Drehzahl und damit das dynamische Drehmoment sind durch einen Frequenzumrichter stufenlos einstellbar. Über eine Drehmomentmesswelle wird kontinuierlich das Drehmoment gemessen und aufgezeichnet.

**Bild 4** zeigt den Gesamtaufbau des Torsionsprüfstandes. Es sind zwei gleiche Prüfstände auf einer Grundplatte angeordnet. Zu erkennen ist der Hebel zur Aufbringung der statischen Last (1), die Torsionsfeder (2) und die Hebel mit den rotierenden Massen (3). Der Vorteil von Prüfständen nach dem Unwuchtprinzip liegt in dem sehr geringen Energieverbrauch bei hohen Lasten. Der Antriebsmotor überwindet die Lagerreibung und beschleunigt die Unwuchtmassen im Leerlauf.



**Bild 4:** Torsionsprüfstand

Ein Anriss in der Probe verursacht ein Absenken des Torsionswiderstandsmomentes des Prüfstranges, was im Betrieb zu einer Erhöhung des Ausschlagwinkels der dynamischen Torsionseinrichtung führt. Durch einen Näherungsschalter wird dieser Ausschlag überwacht, so dass sich der Prüfstand automatisch ausschalten lässt. Über Variation der Parameter Drehzahl, Vorspannung und Unwuchtmasse lassen sich verschiedene Verhältnisse von Prüffrequenz, Torsionsbelastung und Mittelspannungsverhältnis einstellen.

## **2.2 Leistung**

Der Prüfstand verfügt zurzeit über folgende Leistungsmerkmale:

- maximales Drehmoment 3.000 Nm
- typische Prüffrequenz 35 Hz
- Mittelspannungsverhältnis stufenlos einstellbar

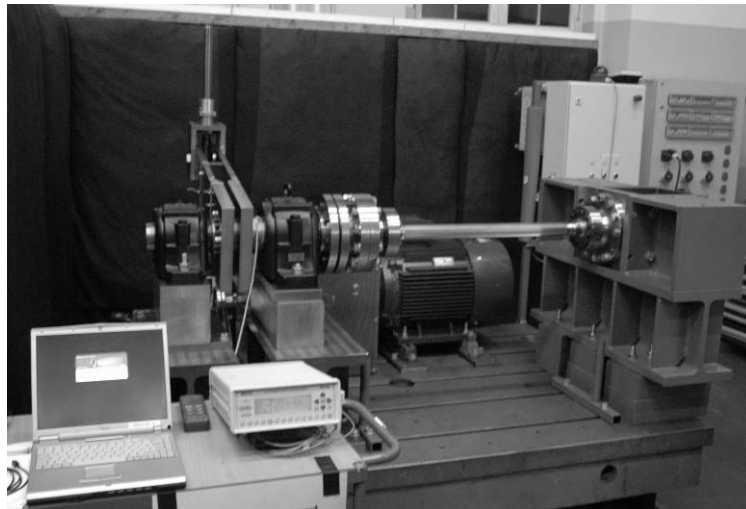
## **3 Torsionsprüfstand 30 kNm**

In Anlehnung an das Prüfstandskonzept eines bereits im Institut vorhandenen Torsionsprüfstands ( $T_{\max} = 7,5 \text{ kNm}$ ) wurde ein neuer

Prüfstand aufgebaut, welcher dynamische Bauteiluntersuchungen unter rein wechselnder oder schwellender Drehmomentbelastung bis zu einem maximalen Prüfmoment von 30 kNm erlaubt. Mit diesem Prüfstand ist das IMW in der Lage Lebensdauer- und Gestaltfestigkeitsuntersuchungen an Antriebselementen, sowie Welle-Nabe-Verbindungen in einem weit aus größerem Drehmomentbereich durchzuführen, als es bislang möglich war. Der Aufbau dieses Prüfstands war nur mit der Unterstützung eines langjährigen Industriepartners möglich, bei dem sich das Institut in diesem Rahmen auch noch mal bedanken möchte.

### 3.1 Prinzip

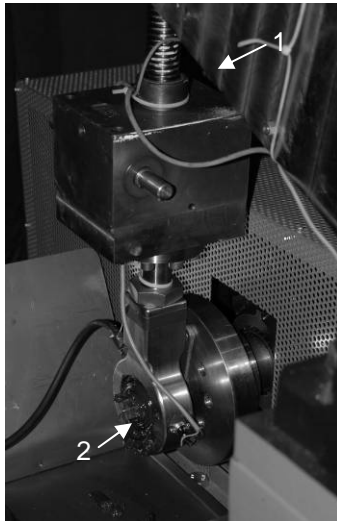
Das **Bild 5** zeigt den gesamten Prüfstand mit der angeschlossenen Messtechnik.



**Bild 5:** Torsionsprüfstand 30 kNm

Das Prüfmoment bei diesem Konzept wird mit Hilfe eines mechanischen Hebelsystems erzeugt. Über eine Hubspindel (**Bild 6, 1**) werden die gewünschten Mittellasten aufgebracht und exzentrische Bohrungen (**Bild 6, 2**) an einem Kurbeltrieb lassen eine Variation der Drehmomentamplituden zu. Durch diesen modularen Aufbau können dynamische Drehmomentbelastungen von maximal 30 kNm schwellend oder wechselnd erreicht werden. Die Prüffrequenz beträgt aufgrund des verwendeten Riemengetriebes konstant 2 Hz.

Die Steuerung des Prüfstands erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung, welche auch im Falle eines Probenbruchs den Versuchslauf sofort abbricht.



Wesentlicher Vorteil dieses Aufbaus ist die vereinfachte Anbringung der Messtechnik an nicht rotierenden Teilen. Zur Einstellung und Online-Erfassung der Prüflasten sind zwei Torsions-Dehnungsmessstreifen auf der Hauptwelle des Prüfstands appliziert. Über einen externen Messverstärker mit angeschlossenem PC erfolgt eine kontinuierliche Erfassung der Messsignale mit entsprechender Verarbeitung.

**Bild 6:** Hubspindel und Kurbeltrieb

### 3.2 Leistung

Der Prüfstand verfügt zurzeit über folgende Leistungsmerkmale:

- maximales Drehmoment 30 kNm
- konstante Prüffrequenz 2 Hz
- max. Prüflingslänge 950 mm
- Mittellast und Amplitude stufenlos einstellbar

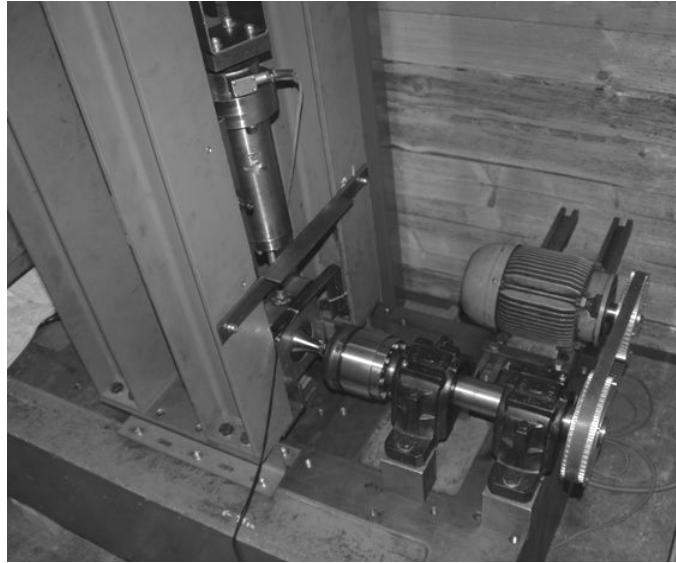
## 4 Umlaufbiegeprüfstand

Bereits seit mehreren Jahren verfügt das Institut über einen Prüfstand, der seit seinem Bau für verschiedenste statische und dynamische Bauteiluntersuchungen unter Biegebelastung eingesetzt wurde. Da eine Erweiterung der Prüfstandskapazität in diesem Bereich erforderlich wurde, der Prüfstand sich in der Vergangenheit als zuverlässig erwiesen hatte und außerdem einen einfachen, Platz sparenden und flexib-

len Aufbau aufwies, wurde ein weiterer, identischer Prüfstand nach dem gleichen Konzept verwirklicht.

#### 4.1 Prinzip

Der Prüfling wird über eine feste Verbindung mit der zweifach gelagerten Antriebswelle (siehe **Bild 7**) einseitig eingespannt. Mit Hilfe der über seinem freien Ende angeordneten Verspannvorrichtung wird die Querkraft aufgebracht und über ein Wälzlager auf den Prüfling übertragen. Zur Querkraftmessung ist eine Kraftmessdose im Kraftfluss integriert. Für die Überwachung während des Betriebs wird ein optischer Sensor genutzt, der im Fall eines Bruchs die Abschaltung des Prüfstands vornimmt – zur Erkennung extrem starken Verschleißes kommt außerdem ein Temperaturfühler zum Einsatz.



**Bild 7:** Umlaufbiegeprüfstand mit Blick auf die Antriebswelle

#### 4.2 Leistung

max. Querkraft:	5000 N
max. Prüflingslänge:	300 mm
Prüffrequenzbereich:	5 bis 50 Hz



## **5 Ausblick und Zusammenfassung**

Neben diesen vier bereits in Betrieb genommenen Prüfständen konnte das Institut als Industriesachspende einen weiteren umfangreichen Prüfstand für den Forschungsschwerpunkt Antriebselemente erhalten, dessen Aufbau im Lauf des Jahres 2008 abgeschlossen wird. Der Prüfstand ist als Verspannprüfstand für Gelenk- und Abtriebswellen sowie mechanisch angetriebene Ventiltriebe geeignet. Er kann für Festigkeits- und Lebensdauererprobungen sowie dynamische Messungen an rotierenden, Kraft übertragenden Bauteilen, wie An- und Abtriebsstrang, Gelenkwellenkomponenten usw. verwendet werden. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Kennlinienaufnahme von Kupplungen. Er erlaubt eine Drehmomentverspannung bei 4000 U/min mit bis zu 2000 Nm an Antriebselementen mit bis zu 1800 mm Länge.

Zusammenfassend können wir also für das zurückliegende Jahr über eine zukunftsorientierte Erweiterung unseres Prüffeldes für Antriebselemente, speziell im Bereich der Welle-Nabe-Verbindungen berichten, die wir auch im neuen Jahr weiter führen wollen. Unsere wesentlichen Ziele sind dabei die betriebstypische Belastungssimulation bei gleichzeitig energieoptimiertem Versuchsbetrieb. Für die dargestellte erfolgreiche Verfolgung dieses Ziels möchten wir uns bei den durch Sachspenden beteiligten Industrieunternehmen und unserer institutseigenen Werkstattmannschaft bedanken, die all die „kleinen Anpassarbeiten“ unermüdlich umsetzt.

## **6 Literatur**

- /1/ Lauster, S.: Konstruktion einer Prüfmaschine für Umlaufbiegeversuche mit überlagerter statischer Torsion, Studienarbeit, Technische Hochschule Darmstadt, 1989